

干旱胁迫对不同种源麻疯树幼苗 生理特性的影响

谢安德¹, 唐春红¹, 潘启龙¹, 李远发², 王凌晖^{1*}

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530005; 2. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091)

摘要: 以云南西双版纳、贵州罗甸、四川德昌和广西田林 4 个不同地理种源麻疯树盆栽幼苗为实验材料, 研究其在自然干旱条件下细胞膜透性、膜脂过氧化、保护酶活性(POD、CAT)和可溶性蛋白质含量的变化规律。结果表明: 各种源幼苗叶片质膜透性、丙二醛(MDA)含量随胁迫时间延长而增加; 过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)随胁迫时间的延长先升后降, 且在第 14 天时达最大值; 可溶性蛋白质随胁迫时间延长呈先降后升到再降趋势。采用隶属函数值综合评定麻疯树的抗旱性由强到弱种源地依次为: 四川德昌、贵州罗甸、广西田林、云南西双版纳。

关键词: 麻疯树; 自然干旱; 内源保护酶; 可溶性蛋白质

中图分类号: Q949.753.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)02-0306-06

Effects of Drought Stress on Physiological Characteristics in Seedlings of Different *Jatropha curcas* Provenances

XIE An-de¹, TANG Chun-hong¹, PAN Qi-long¹, LI Yuan-fa¹, WANG Ling-hui^{1*}

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Four different provenances of *Jatropha curcas* seedlings from Tianlin Guangxi, Xishuangbanna Yunnan, Luodian Guizhou and Dechang Sichuan were taken as test materials to study their cell membrane permeability, membrane lipid peroxidation(MDA), endogenous enzyme activity and soluble protein under natural drought. The results showed that: the membrane permeability in various sources of leaves and malondialdehyde(MDA) contents increased with the stress time extension; peroxidase(POD) and catalase(CAT) increased with the stress time extension and then decreased, and reached the maximum on the 14th day; soluble protein decreased with the stress time extension and then increased and at last decreased. According to the comprehensive assessment of the values of membership function, the order of the drought resistance of the provenances of *Jatropha curcas* was: Dechang Sichuan > Luodian Guizhou > Tianlin Guangxi > Xishuangbanna Yunnan.

Key words: *Jatropha curcas* L.; drought resistance; endogenous protective enzymes; soluble protein

麻疯树(*Jatropha curcas* Linn.)为大戟科(Euphorbiaceae)麻疯树属(*Jatropha* Linn.)落叶小乔木,广泛分布于我国西南、华南及台湾等地区。作为生物能源,麻疯树不仅易于栽培、养护和管理,而且开花结

收稿日期: 2010-12-10 修回日期: 2011-02-17

基金项目: “十一五”广西林业科技招标项目(桂林科字[2009]第5号)和玉林市科学研究与技术开发项目(玉市校科0875-03)

作者简介: 谢安德(1986—),男,硕士生,主要从事园林植物栽培及抗性研究, E-mail: xad520@126.com; * 通讯作者, 王凌晖, 教授, 博士, E-mail: wanglinghui97@163.com。

实早、产量高,是世界公认的最有可能在未来替代石化能源的、极具开发潜力的树种^[1]。作为生态建设和扶贫开发树种^[2],麻疯树根系发达,可在干旱、贫瘠的荒地上生长,能起到保水固土、防治沙化、增加土壤有机质的重要作用,是目前攀西干热河谷区造林最成功的经济林树种之一^[3]。

同时,麻疯树还是重要的生物医药、生物饲料来源,具有广泛的应用前景^[4]。不同植物生长发育阶段对水分需求不同,同时受到生长季节、年龄、气候以及土壤水分含量等影响,因此水分是影响麻疯树分布和产业发展的重要环境因子,研究其抗旱机理具有重大意义。在有关麻疯树的抗旱性研究中,窦新永等^[5]、何操等^[6]、陈友根等^[7]、焦娟玉等^[8]仅对单一源麻疯树幼苗的抗旱性研究,而对比较不同种源麻疯树的抗旱性研究未见报道。为此,本文以云南西双版纳、贵州罗甸、四川德昌和广西田林(以下分别简称为西双版纳、罗甸、德昌和田林)4个不同种源麻疯树幼苗为材料,研究其在自然干旱胁迫下部分生理生化指标的变化规律,探索麻疯树抗旱性机理及抗旱能力,以期为麻疯树优良抗性品种选育和栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

本试验选用版纳、罗甸、德昌和田林等4个不同产地的麻疯树种子作为材料。它们在相应的各省分布范围较广,面积较大,一定程度上可代表该产地麻疯树生物学和生态学特性的特征(表1)。

表1 麻疯树不同种源地的生态条件及其种子特性

Tab. 1 Environmental conditions of different *Jatropha curcas* provenances and the characteristics of its seeds

种源 Provenances	海拔/m* Altitude	年平均降雨量/mm* Average annual rainfall	年平均气温/℃* Annual average temperature	坡向 Aspect	千粒质量/g** 1000 - grain weight	母株龄/a Age of mother plants
西双版纳 Banna	493	1 100 ~ 1 900	18 ~ 22	阳坡	755.26	4 ~ 6
罗甸 Luodian	485	1 150 ~ 1 300	19.6	阳坡	729.77	5 ~ 7
德昌 Dechang	1 357	1 049	18	阳坡	627.58	4.5 ~ 6.5
田林 Tianlin	961	1 100 ~ 1 500	16 ~ 21	阳坡	629.06	4 ~ 5

* 为当地气候部门提供,** 为实验室测得指标,空白为采集单位提供。

* Local climate sector, ** Laboratory indicators measured, Blank for the acquisition units.

1.2 试验方法

试验于2009年9月至10月在广西大学林学院苗圃内进行。3月9日将森林表土和细沙按4:1充分混合后装入规格为18 cm(径)×25 cm(高)的花盆中,再将上述4个种源的健康饱满的当年生种子按每盆5颗均匀播入花盆中,幼苗出土后每盆保留3株。9月17日挑选选择长势一致的健壮、无病虫害的幼苗置于塑料大棚中,将盆内土壤灌溉至饱和状态,之后使土壤自然干旱,每个种源15盆,共60盆,以每2 d浇水1次的植株为对照。采用完全随机区组试验设计,开始处理的第0天(CK)、7天、14天、21天、28天测定各项生理指标,每个指标3次重复,并观察和记录生长情况。

1.3 测定方法及数据处理

质膜相对透性:电导仪法;丙二醛(MDA)含量:巴比妥酸显色法;蛋白质含量:紫外光吸收法^[9];过氧化物酶:比色法;过氧化氢酶:紫外光吸收法^[10];利用Excel2007程序绘图、SPSS13.0软件进行数据处理及分析;应用隶属函数值法^[11]综合评定4个种源麻疯树的抗旱性:采用公式(1)与公式(2)分别计算与抗旱性呈正相关和负相关的指标具体隶属值。

$$U(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad (1)$$

$$U(X_{ij}) = 1 - (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad (2)$$

式中, X_{ij} 为*i*种*j*性状值; $X_{i\min}$ 为*j*性状中最小值; $X_{i\max}$ 为*j*性状中最大值; $U(X_{ij})$ 为*i*种*j*性状的抗旱隶属值。将抗旱隶属值进行累加,求得平均数: $X_i = \sum U(X_{ij}) / n$, X_i 为平均抗旱隶属值,隶属值越大抗旱性越强。

2 结果与分析

2.1 土壤自然干旱对质膜透性的影响

细胞膜是细胞与外界环境进行物质交换的主要通道,对维持细胞内的环境和正常的代谢起着非常重要的作用,逆境条件下的细胞膜相对电导率反映了膜的稳定性。由图 1 可知,4 个种源在干旱胁迫下叶片质膜相对透性均比 CK 增加,且随着胁迫时间的增加而增加,但增加的幅度不同。干旱胁迫 14 d,质膜相对透性增加缓慢,说明各种源幼苗对干旱胁迫有一定的适应性;之后急剧增加。胁迫后期与 CK 相比,各种源质膜相对透性的增加率分别为:田林 71.9%、西双版纳 89.6%、罗甸 67.0%、德昌 61.9%,说明干旱胁迫达到一定程度时,造成原生质膜细胞内大量离子外渗,导致电导率急剧上升,其中以版纳种源质膜的伤害程度最严重,德昌的最轻。方差分析表明,随着胁迫时间的增加,质膜相对透性极显著增加($P < 0.01$),但各种源之间的差异不显著($P > 0.05$)。

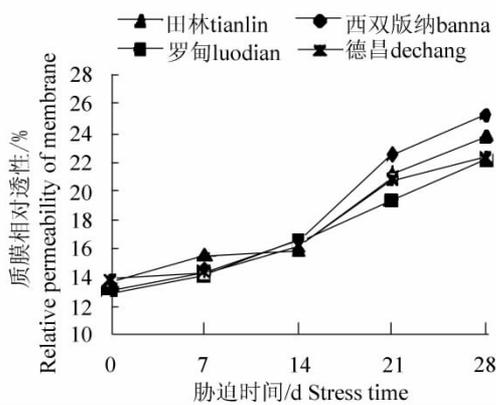


图 1 自然干旱胁迫对叶片质膜相对透性的影响

Fig. 1 Effect of natural drought stress on relative permeability o membrane in leaf

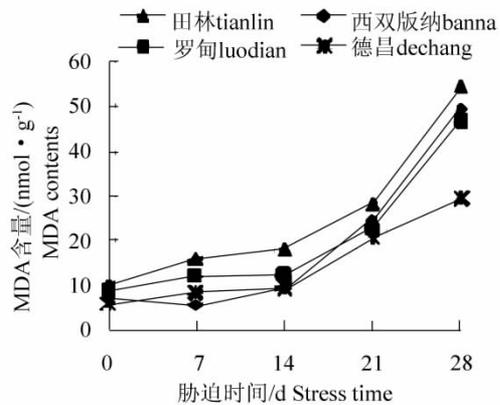


图 2 自然干旱胁迫对叶片 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effect of natural drought stress on MDA contents in leaf

2.2 土壤自然干旱对细胞膜膜脂过氧化作用的影响

MDA 是植物遭受逆境伤害时膜脂过氧化的产物。有研究表明,丙二醛含量在相同干旱胁迫下增加小的植物较耐旱,相反则耐旱力低^[12]。图 2 反应了 MDA 含量随干旱胁迫时间的增加呈上升趋势。干旱胁迫 14 d,各种源 MDA 含量增加缓慢,差异不显著($P > 0.05$),可能是麻疯树体内的保护性酶活性升高从而抑制膜脂过氧化;14—28 dMDA 含量急剧增加,与 CK 相比,增加率分别为田林 438.7%、西双版纳 594.7%、罗甸 443.3%、德昌 398.6%,说明西双版纳种源的细胞膜脂过氧化胁迫程度最严重,耐旱力较低,其次为罗甸、田林,胁迫程度最轻的为德昌。方差分析表明,MDA 含量随干旱胁迫程度的增加成极显著增加($P < 0.01$),且各种源之间的差异显著($P < 0.05$)。

2.3 土壤自然干旱对 POD 活性的影响

POD 是植物体内重要的活性氧清除酶,对减少活性氧积累,清除 MDA,抵御膜脂过氧化和维护膜结构的完整性有重要作用^[13],与植物抗氧化胁迫能力呈正相关^[14]。图 3 可知,各种源 POD 活性在干旱胁迫下呈先上升后下降的变化趋势。胁迫 14 d 后 POD 活性逐渐升高,并在 14 d 时达最大值,与 CK 相比,增加率分别为田林 96.2%、西双版纳 111.2%、罗甸 34.6%和德昌 22.6%,说明胁迫 14 d 可使各种源 POD 活性增强,加快对活性氧的清除,以西双版纳增加率为最大,其次为田林、罗甸,最小的为德昌;第 14—28 天 POD 活性迅速下降,与 CK 相比,下降率分别为田林 30.8%、西双版纳 35.4%、罗甸 28.7%、德昌 22.0%,说明严重的干旱胁迫则可能对各种源 POD 活性起明显的抑制作用,使之胁迫后期下降,以西双版纳下降率最大,德昌的最小,田林和罗甸的居中。方差分析表明,POD 活性随干旱胁迫时间的增加呈极显著差异($P < 0.01$),且各种源之间的差异也极显著($P < 0.01$)。

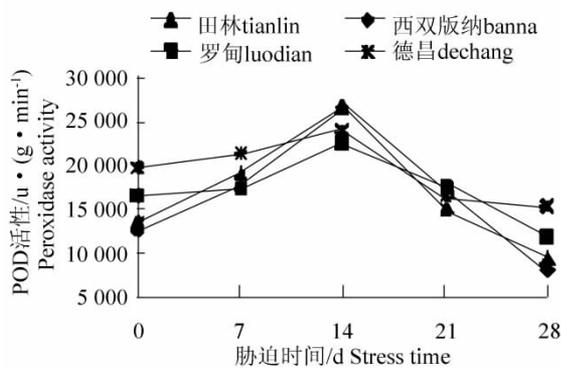


图 3 自然干旱胁迫对叶片 POD 活性的影响
Fig. 3 Effect of natural drought stress on peroxidase activity in leaf

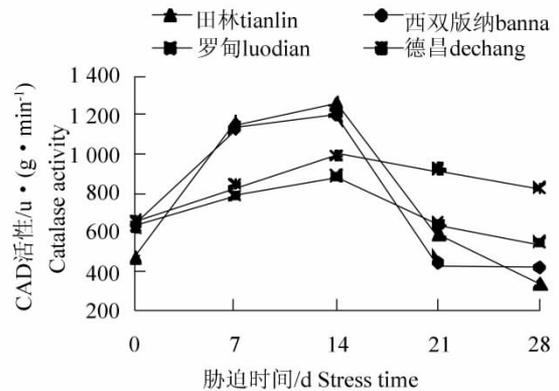


图 4 自然干旱胁迫对叶片 CAT 活性的影响
Fig. 4 Effect of natural drought stress on catalase activity in leaf

2.4 土壤自然干旱对 CAT 活性的影响

CAT 是 H_2O_2 的分解剂,同时还可以协同 SOD,促进超氧自由基的分解^[15]。由图 4 可知,各种源 CAT 活性随着胁迫时间的增加表现为先上升后下降的趋势,但变化的幅度不同。胁迫至 14 d,各种源 CAT 活性达最大值,与 CK 相比,增加率分别为田林 163.2%、西双版纳 86.9%、罗甸 39.5%、德昌 49.3%,说明田林种源幼苗的 CAT 活性对于干旱胁迫环境较为敏感,一经胁迫,CAT 活性大大增强,其次是西双版纳;14 d 之后,各种源 CAT 活性逐渐下降,至 28 d 时田林、西双版纳及罗甸种源的 CAT 活性均比 CK 的低,下降率分别为 27.8%、33.9%、13.1%,而德昌种源的 CAT 活性却比 CK 的高,增加率为 23.3%,说明胁迫后期德昌种源分解 H_2O_2 的能力较强,其次为田林和罗甸,最差的是西双版纳。方差分析表明,随着干旱胁迫时间的增加,CAT 活性之间的差异极显著($P < 0.01$),但各种源之间的差异不显著($P > 0.05$)。

2.5 土壤自然干旱对可溶性蛋白质含量的影响

蛋白质是一种重要的渗透调节物质,在逆境下能降低细胞的水势,起到渗透调节的作用。由图 5 可知,各种源蛋白质含量随着干旱胁迫时间的增加呈先下降再上升后下降的变化趋势。其中,干旱胁迫 14 d,蛋白质含量急剧下降,于第 14 天达最小值,与 CK 相比,下降率分别为田林 18.7%、西双版纳 24.2%、罗甸 20.1%、德昌 34.4%,说明胁迫 14 d 德昌种源的蛋白质合成受明显的抑制作用或促进其降解;胁迫第 14 ~ 21 天,蛋白质含量呈上升趋势,可能是各种源产生干旱胁迫蛋白来适应逆境胁迫^[16];胁迫至 28 d,各种源蛋白质含量均小于 CK,下降率分别为田林 18.7%、西双版纳 17.2%、罗甸 18.9%、德昌 15.3%。方差分析表明,随着干旱胁迫时间的增加,蛋白质含量之间的差异极显著($P < 0.01$),且各种源之间的差异也极显著($P < 0.01$)。

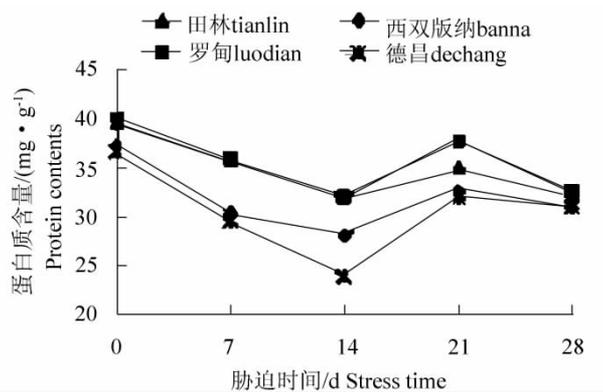


图 5 自然干旱胁迫对叶片蛋白质含量的影响
Fig. 5 Effect of natural drought stress on protein contents in leaf

2.6 抗旱性综合评价

植物的抗旱性是一个受多种因素影响的较为复杂的综合性状,其中每个因素与抗旱性之间存在一定联系或相关,且各因素之间也存在相互联系。因此,人们先后提出了隶属函数法、分级评价法、直接比较法,而抗旱性隶属函数法为目前应用最广的林木抗旱综合分析方法^[17]。

从表 1 可知,各种源麻疯树的隶属函数值:田林 0.33,西双版纳 0.25,罗甸 0.55,德昌 0.73,则抗旱性强弱顺序为:德昌、罗甸、田林、西双版纳。根据刘卓^[18]的研究结果划分抗旱级别,可以将 4 个种源麻疯树归类:德昌属于高抗旱型,罗甸属于中抗旱型,田林和西双版纳属于弱抗旱型。实验中观测到,干旱

胁迫至 28 d, 西双版纳种源叶片大部分萎蔫下垂, 并伴随落叶现象, 少量植株叶片严重枯死, 田林与罗甸的迹象稍轻, 而德昌的叶片只是大部分萎蔫下垂, 少许叶片的叶缘和叶尖干枯。因此认为, 模糊隶属函数法对麻疯树种源间抗旱性评价是可行的。

表 2 不同种源麻疯树抗旱性综合评价表

Tab. 2 Synthesis evaluation on water-resistance subordinates function of *Jatropha curcas* Linn

种源 Provenances	质膜透性 Permeability of Membrane	丙二醛 MDA	过氧化氢酶 CAT	过氧化物酶 POD	蛋白质含量 Protein contents	隶属度平均值 Average degree of membership	抗旱性排序 Sort of drought resistance	抗旱性强弱 Drought resistance
西双版纳 Banna	0	0.58	0.44	0	0.24	0.25	4	弱
罗甸 Luodian	1	0.46	0	0.27	1	0.55	2	中
德昌 Dechang	0.66	1	1	1	0	0.73	1	强
田林 Tianlin	0.27	0	0.41	0.11	0.85	0.33	3	弱

3 结论与讨论

(1) 土壤自然干旱胁迫 14 d, 各种源麻疯树质膜相对透性与 MDA 含量增加幅度缓慢, 而 POD 与 CAT 活性随胁迫时间的增加积极响应, 充分起到清除活性氧和自由基及抑制膜脂过氧化的作用; 一旦超过 14 d 这个阈值, 质膜相对透性与 MDA 含量急剧增加, 由于细胞膜系统被过度氧化损伤以致难以恢复, POD 与 CAT 活性随即逐渐下降, 说明各种源麻疯树忍受干旱胁迫的能力是有限的。这与狼尾草^[19]、杏梅^[20]、枸杞^[21]等材料的研究结果相一致。

(2) 随着干旱胁迫的加强, 田林与西双版纳种源的 POD、CAT 均表现出活性大大增强, 且这两个种源质膜相对透性与 MDA 含量增加幅度较小, 说明田林和西双版纳种源在胁迫前期具有较强的抗膜脂过氧化能力; 但是胁迫 28 d, 德昌与罗甸的 POD、CAT 活性却皆表现出下降率低, 及它们的质膜受损程度轻等特点, 说明胁迫后期德昌和罗甸较强的耐旱能力。蛋白质含量在胁迫期间变化较为复杂, 呈下降—上升—下降趋势, 这是各种源对干旱胁迫的一种应激反应。且胁迫 28 d, 德昌种源的蛋白质含量下降率最低, 保持在较高水平, 说明其能提高细胞液浓度, 降低渗透势, 起到抗脱水、延缓细胞衰老和保护细胞结构等作用, 具有很强的耐旱能力。

(3) 干旱胁迫下 4 种麻疯树幼苗的生理生化指标变化趋势基本一致, 但变化程度因种源而异, 可能原因是不同种源麻疯树的抗旱机制不同。分析结果表明麻疯树的抗旱性由强到弱顺序为: 德昌、罗甸、田林、西双版纳。由表 1 可知德昌麻疯树产地的年平均降水量 1 049 mm, 西双版纳产地的年平均降水量 1 100 ~ 1 900 mm, 罗甸与田林的年平均降水量居中, 说明这 4 产地麻疯树间抗旱性的差异是植物适应原产地气候的遗传选择的结果。所以, 德昌种源的麻疯树更适合于我国干旱与半干旱地区城市的园林绿化建设以及各地区的栽培与推广。

参考文献:

- [1] 何慧书. 麻疯树及其开发利用前景 [J]. 中国热带农业, 2008, 21(1): 36-37.
- [2] 何文淑, 肖荣贵, 杨晓琼, 等. 麻疯树在贫困地区农村发展和生态建设中的开发前景 [J]. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(10): 33-36.
- [3] 隆孝雄. 四川立地分区及适生树种 [J]. 四川林业科技, 2001, 22(4): 54-58.
- [4] 李远发. 麻疯树资源分布及其应用研究 [J]. 广西农业科学, 2009, 40(3): 311-314.
- [5] 窦新永, 吴国江, 黄红英, 等. 麻疯树幼苗对干旱胁迫的响应 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(7): 1425-1430.
- [6] 何操, 尹丽, 胡庭兴, 等. 干旱胁迫对麻疯树幼苗抗氧化代谢的影响 [J]. 四川林业科技, 2009, 30(5): 16-21.
- [7] 陈友根, 李昆, 孙永玉. 渗透胁迫对麻疯树幼苗生理生化特性的影响 [J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(5): 677-683.
- [8] 焦娟玉, 陈珂, 尹春英. 土壤含水量对麻疯树幼苗生长及其生理生化特征的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4460-4466.
- [9] 张立军, 樊金娟. 植物生理学实验教程 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 185-186.
- [10] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 72-73.
- [11] 龚明. 作物抗性鉴定方法与指标及其综合评价 [J]. 云南农业大学报, 1989, 4(1): 73.
- [12] 陈少裕. 膜脂过氧化与植物逆境胁迫 [J]. 植物学通报, 1989, 6(4): 211-217.

- [13] 谭永, 梁宗锁, 董娟娥, 等. 水分胁迫对不同产地板蓝根幼苗抗氧化酶活性和根系活力的影响 [J]. 华北农学报, 2006, 21(5): 20 - 23.
- [14] Scandalios J G. Oxygen stress and superoxide dismutase [J]. Plant Physiol, 1993, 101(157): 7 - 11.
- [15] 周瑞莲, 张承烈, 金巨和. 干旱胁迫下紫花苜蓿叶片含水量、质膜透性 SOD、CAT 活性变化与抗旱性关系研究 [J]. 中国草地, 1991, 4(2): 20 - 24.
- [16] Perez Molphe Baleh E, Gidekel M, Segura Niet M, et al. Effects of water stress on plant growth and root proteins in three cultivars of rice (*Oryza sativa*) with different levels of drought tolerance [J]. Physiol Plant, 1996, 96(102): 284 - 290.
- [17] 尚国亮. 柔枝松不同种源抗旱性及适应性研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [18] 刘卓. 不同苜蓿品种耐盐性、抗旱性比较的研究 [D]. 吉林: 吉林农业大学, 2008.
- [19] 焦树英, 李永强, 沙依拉. 沙尔合提, 等. 干旱胁迫对 3 种狼尾草种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 西北植物学报, 2009, 29(2): 308 - 313.
- [20] 刘遵春, 陈荣江, 包东娥. 干旱胁迫对金光杏梅叶片渗透调节物质和光合作用的影响 [J]. 华北农学报, 2007, 23(1): 119 - 122.
- [21] 郑国琦, 谢亚军. 干旱胁迫对宁夏枸杞幼苗膜脂过氧化及抗氧化保护酶活性的影响 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1343 - 1344, 1552.

(上接第 257 页)

- [6] Zhang X Z, Zhao Y B, Li C M, et al. Potential polyphenol markers of phase change in apple (*Malus domestica*) [J]. J Plant Physiol, 2007, 164: 574 - 580.
- [7] Zhang X Z, Zhao Y B, Wang G P, et al. Dynamics of endogenous cytokinins during phase change in *Malus domestica* Borkh. [C]. Proc 27th Inter Congre Hort Sci Seoul, Korea, 2006, 8: 12 - 19.
- [8] Bon M C. An apex protein associated with juvenility of *Sequoiadendron giganteum* [J]. Tree Physiol, 1988, 4(4): 381 - 387.
- [9] Amo - Marco J B, Vidal N, Vieitez A M, et al. Polypeptide markers differentiating juvenile and adult tissues in chestnut [J]. J Plant Physiol, 1993, 142: 117 - 119.
- [10] Hackett W P, Murray J, Woo H. Cellular biochemical and molecular analysis of maturation related characteristics in *Hedera helix* [M]. Ahyja M R. Woody Plant Biotechnology. New York: Plenum Press, 1991: 77 - 81.
- [11] Kuo J L, Huang H J, Cheng C M, et al. Rejuvenation in vitro: Modulation of protein phosphorylation in *Sequoia sempervirens* [J]. J Plant Physiol, 1995, 146: 333 - 336.
- [12] Besford R T, Hand P, Peppitt S D, et al. Phase change in *Prunus avium*: Differences between juvenile and mature shoots identified by 2 - dimensional protein separation and *in vitro* translation of mRNA [J]. J Plant Physiol, 1996, 147: 534 - 538.
- [13] Hand P, Besford R T, Richardson C W, et al. Antibodies to phase related proteins in juvenile and mature *Prunus avium* [J]. Plant Growth Regulation, 1996, 20: 25 - 29.
- [14] Snowball A M, Zeman A M, Tchan Y T, et al. Phase change in citrus: Immunologically detectable differences between juvenile and mature plants [J]. Aust J Plant Physiol, 1991, 18: 385 - 396.
- [15] Garcia J L, Avidan N, Troncoso A, et al. Possible juvenile - related proteins in olive tree tissues [J]. Sci Hort, 2000, 85: 271 - 284.
- [16] Huang L C, Pu S Y, Murashige T, et al. Phase - and age - related differences in protein tyrosine phosphorylation in *Sequoia sempervirens* [J]. Biol Plant, 2003, 47(4): 601 - 603.